

DOCUMENT  
INTERNATIONAL

**OIML D 7**

Edition 1984 (F)

---

Evaluation des étalons de débitimétrie et des  
dispositifs utilisés pour l'essai des compteurs d'eau

The evaluation of flow standards and facilities used for testing water meters

---



## Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif premier est d'harmoniser les réglementations et les contrôles métrologiques appliqués par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses États Membres.

Les deux principales catégories de publications OIML sont:

- les **Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité; les États Membres de l'OIML doivent mettre ces Recommandations en application dans toute la mesure du possible;
- les **Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à améliorer l'activité des services de métrologie.

Les projets de Recommandations et Documents OIML sont élaborés par des comités techniques ou sous-comités composés d'États Membres. Certaines institutions internationales et régionales y participent aussi sur une base consultative.

Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, comme l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires; en conséquence les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales et Documents Internationaux sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont périodiquement soumis à révision.

La présente publication – référence OIML D 7, édition 1984 (F) – placée sous la responsabilité du TC 8/SC 5 *Compteurs d'eau*, a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 1983.

Les publications de l'OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale  
11, rue Turgot - 75009 Paris - France  
Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82 et 42 85 27 11  
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27  
E-mail: [biml@oiml.org](mailto:biml@oiml.org)  
Internet: [www.oiml.org](http://www.oiml.org)

## TERMINOLOGIE

### Étalonnage (\*)

Ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée, et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée.

- Notes
1. Le résultat d'un étalonnage permet d'estimer les erreurs d'indication de l'appareil de mesure, du système de mesure ou de la mesure matérialisée, ou d'affecter des valeurs à des repères sur des échelles arbitraires.
  2. Un étalonnage peut aussi déterminer d'autres propriétés métrologiques.
  3. Le résultat d'un étalonnage peut être consigné dans un document, parfois appelé certificat d'étalonnage ou rapport d'étalonnage.
  4. Le résultat d'un étalonnage est parfois exprimé sous la forme d'un facteur d'étalonnage ou d'une série de facteurs d'étalonnage sous la forme d'une courbe d'étalonnage.

L'étalonnage est donc une comparaison entre une source d'exactitude connue, appelée étalon, et l'instrument de mesurage dont l'exactitude, inconnue, est recherchée.

L'étalonnage d'un compteur d'eau se fait à l'aide d'un étalon de débitmétrie permettant de déterminer la courbe d'erreur dans l'étendue de débit  $Q_{\min}$  à  $Q_{\max}$ .

L'incertitude avec laquelle l'erreur du compteur d'eau peut être déterminée, à un certain débit, dépend de la fidélité du compteur d'eau lui-même et des incertitudes aléatoires et systématiques de l'étalon de débit utilisé.

### Station d'étalonnage (\*\*)

Installation permettant d'étalonner ou de vérifier un instrument de mesurage dans des conditions définies en fonction des conditions d'utilisation prévues pour cet instrument de mesurage.

### Étalon primaire (\*)

Étalon qui présente les plus hautes qualités métrologiques dans un domaine spécifié.

Note: Le concept d'étalon primaire est valable aussi bien pour les unités de base que pour les unités dérivées.

### Étalon de comparaison (\*\*)

Étalon destiné à la comparaison entre eux d'étalons de même ordre de (précision) exactitude.

### Étalon de débitmétrie

Étalon utilisé pour l'étalonnage des débitmètres, c'est-à-dire la partie du dispositif d'essai des débitmètres qui est utilisée pour déterminer le débit et le volume débité.

Un étalon de débitmétrie ne comprend pas les moyens provoquant l'écoulement du liquide.

### Étalon de référence (\*)

Étalon, en général de la plus haute qualité métrologique disponible en un lieu donné, duquel dérivent les mesurages effectués en ce lieu.

---

(\*) Terme défini dans le « Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie », 1984.

(\*\*) Terme défini dans le « Vocabulaire de métrologie légale », 1978.

Volume débité (voir Recommandation Internationale N° 49)

Volume d'eau ayant traversé le compteur d'eau, dans un temps quelconque.

#### Répétabilité des mesurages (\*)

Etroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande effectués avec l'application de la totalité des conditions suivantes :

- même méthode de mesure,
- même observateur,
- même instrument de mesure,
- même lieu,
- mêmes conditions d'utilisation,
- répétition sur une courte période de temps.

Note: La répétabilité peut s'exprimer quantitativement par une caractéristique de dispersion des résultats.

#### Reproductibilité des mesurages (\*)

Etroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages du même mesurande, dans le cas où les mesurages individuels sont effectués en faisant varier les conditions telles que :

- méthode de mesure,
- observateur,
- instrument de mesure,
- lieu,
- conditions d'utilisation,
- temps.

Notes 1. Pour qu'une expression de la reproductibilité soit valable, il est nécessaire de spécifier les conditions que l'on fait varier.

2. La reproductibilité peut s'exprimer quantitativement par une caractéristique de dispersion des résultats.

#### Essai d'intercomparaison

Essai au cours duquel deux ou plusieurs laboratoires coopèrent en étalonnant des compteurs de comparaison, dans le but de comparer les niveaux d'exactitude d'étalonnage globaux des stations d'étalonnage de chaque laboratoire.

#### Tranquilliseur (\*\*\*)

Terme général utilisé pour décrire différents dispositifs ayant les fonctions suivantes:

dispositif anti-giratoire: dispositif inséré dans une conduite afin d'éliminer ou de réduire les composantes circonférentielles de la vitesse qui produisent une rotation de l'écoulement ;

régulateur de profil : dispositif inséré dans une conduite afin de réduire la longueur droite nécessaire à l'obtention d'une répartition régulière des vitesses.

Note: Il n'y a pas toujours distinction nette entre ces deux types de tranquilliseurs, et certains dispositifs peuvent jouer plus ou moins les deux rôles.

---

(\*) Terme défini dans ISO 4006-1977 «Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées - Vocabulaire et symboles ».

(\*\*\*) Le terme redresseur est également utilisé comme synonyme de tranquilliseur.

# **ÉVALUATION des ÉTALONS de DÉBITMÉTRIE et des DISPOSITIFS UTILISÉS pour l'ESSAI des COMPTEURS d'EAU**

## **1. Objet**

Le présent Document International traite des méthodes qui permettent de rattacher les étalons de débitmétrie utilisés dans les stations d'étalonnage de compteurs d'eau aux étalons primaires nationaux de masse, longueur, temps, température, et autres paramètres fondamentaux.

Il fixe les procédures d'essai s'appliquant aux étalons de débitmétrie et aux dispositifs d'essai utilisés dans les stations d'étalonnage des compteurs d'eau pour connaître, et donc améliorer, les niveaux d'exactitude globaux de ces stations. De tels essais peuvent comprendre des intercomparaisons avec d'autres laboratoires avec lesquels une collaboration est établie, ainsi que l'utilisation de compteurs de comparaison. Le Document fixe les méthodes pour présenter les résultats et estimer l'exactitude des essais.

La Norme ISO 4064/3 «Mesurage de débit d'eau dans les conduites fermées — Compteurs d'eau potable froide — Partie 3 : Méthodes et matériels d'essais» traite en détail de l'étalonnage et de l'essai des compteurs d'eau et des moyens utilisés à cette fin. Lors de l'essai des compteurs d'eau, il est conseillé de se référer à cette norme pour tous les détails pratiques et de procédure.

## **2. Méthodes d'étalonnage des compteurs d'eau et étalons de débitmétrie utilisés**

### **2.1. Méthodes d'étalonnage**

Les méthodes utilisées pour étalonner un compteur d'eau doivent permettre d'atteindre les niveaux d'exactitude requis (voir Recommandation Internationale N° 49, point 13.1).

Quelques méthodes d'usage courant permettant d'étalonner des compteurs d'eau sont indiquées ci-après en tant que méthodes acceptables.

#### **2.1.1. Méthode par empotement**

La quantité d'eau qui a traversé le compteur soumis à l'étalonnage est reçue dans un ou plusieurs récipients et est déterminée par une méthode volumétrique ou par pesée.

#### **2.1.2. Méthode par mesures de débit et de temps**

La quantité d'eau qui a traversé le compteur soumis à l'étalonnage est déterminée à partir des résultats de mesures de débit et de temps. On peut pour cela effectuer une ou plusieurs mesures de débit pendant une période de temps mesurée, en évitant les mesures de débit au début et à la fin de l'essai, quand le débit n'est pas constant.

#### **2.1.3. Méthode du compteur étalon**

Les indications du compteur d'eau soumis à l'étalonnage sont comparées avec celles d'un compteur étalon de très grande qualité, étalonné à un niveau d'incertitude plus faible.

#### **2.1.4. Méthode du tube étalon**

Les indications du compteur d'eau soumis à l'étalonnage sont comparées avec les volumes fixes balayés par le piston d'un tube étalon.

## 2.2. Etalons de débitmétrie

Toutes les méthodes utilisées pour étalonner un compteur d'eau impliquent directement ou indirectement la mesure de la quantité d'eau qui a traversé le compteur et la détermination de la masse ou du volume de cette eau d'une manière ou d'une autre. Ainsi, bien que n'étant en fin de compte qu'un étalon de volume, l'étalon de débitmétrie utilisé pour comparer l'indication volumétrique du compteur d'eau avec l'étalon peut lui-même être étalonné par comparaison avec des étalons de longueur, de masse et de temps, avec des corrections de température, de viscosité et de poussée de l'air, et des corrections pour tenir compte du temps d'égouttage, de la qualité de l'eau et des variations de débit.

En ce qui concerne l'étalon de débitmétrie lui-même, son exactitude sera crédible s'il a été étalonné par rapport à d'autres étalons d'exactitude plus élevée.

Un premier pas nécessaire dans l'établissement de niveaux d'exactitude pour les laboratoires d'essai des compteurs d'eau est l'établissement d'une «chaîne de raccordement» ou d'une «hiérarchie d'étalonnage» pour les étalons de référence utilisés.

## 2.3. Hiérarchie et raccordement des étalons utilisés pour l'essai des compteurs d'eau

Toutes les mesures faites dans un laboratoire d'essai de compteurs d'eau, qui ont une influence sur le niveau d'exactitude de l'étalonnage et qui sont utilisés pour la certification des compteurs d'eau, doivent être effectuées à l'aide de dispositifs étalons ayant une exactitude appropriée, qui peut être raccordée aux étalons nationaux par une chaîne d'étalonnage (voir Document International N° 5 « Principes pour l'établissement des schémas de hiérarchie des instruments de mesure »).

Le raccordement aux étalons nationaux signifie :

- a) que chaque étalon utilisé dans des buts d'étalonnage a lui-même été étalonné par comparaison avec un étalon d'exactitude supérieure (dans les conditions de référence) et ce, jusqu'au niveau pour lequel l'instrument de plus haute qualité est l'étalon national; ce dernier est en général un objet unique détenu dans un laboratoire national d'étalonnage, mais dans certains cas il pourrait être un étalon local de qualité équivalente, construit et utilisé conformément à une spécification nationale et dont l'utilisation conformément à cette spécification est certifiée,
- b) que la fréquence de ces étalonnages, qui dépend du type, de la qualité, de la stabilité, de l'utilisation et de l'environnement de l'étalon de qualité la plus basse, est telle que l'on puisse avoir une confiance raisonnable dans le fait que, entre deux étalonnages successifs, l'étalon en dépassera pas les limites fixées par la spécification qui le concerne,
- c) que l'étalonnage de n'importe quel instrument par comparaison avec un étalon n'est valable en fait qu'au moment même de l'étalonnage et que ses performances doivent ensuite être déduites en tenant compte des facteurs mentionnés en (b) ci-dessus.

## 2.4. Procédures approuvées pour les comparaisons inter-laboratoires d'étalons utilisés pour l'essai des compteurs d'eau

Les erreurs inhérentes à l'étalonnage des compteurs d'eau ne peuvent que partiellement être quantifiées par l'utilisation d'étalons raccordés.

Il subsiste un certain nombre d'erreurs systématiques et aléatoires imputables à la lecture, aux interrupteurs, aux détecteurs de niveau ainsi que les erreurs dépendant du temps, etc. que l'utilisation d'étalons raccordés ne modifie pas. Ces erreurs peuvent être prises en considération et leur ordre de grandeur estimé en dressant une liste des diverses causes d'incertitude et en leur attribuant une valeur. Etant donné que ces erreurs contribuent à l'incertitude totale de l'étalonnage du compteur d'eau et que l'ordre de grandeur de leur influence ne peut être prévu, des intercomparaisons d'un ou plusieurs compteurs de comparaison d'une conception adaptée (voir Annexe I) effectuées en collaboration par des laboratoires de métrologie, constituent une méthode recommandée pour comparer les niveaux d'exactitude d'étalonnage globaux des laboratoires participants.

Deux types d'essais d'intercomparaison sont reconnus :

- a) essais d'intercomparaison destinés à établir le niveau d'exactitude global des étalons de débit utilisés, en particulier la somme des erreurs systématiques, la répétabilité des mesurages et leur reproductibilité,
- b) essais d'intercomparaison destinés à constater l'effet du dispositif d'essai sur les erreurs du compteur d'eau soumis à l'essai et en particulier les effets des conditions d'écoulement dans la section d'essai.

Le laboratoire ou l'organisation qui fournit la plus grande partie de l'équipement utilisé pour les essais d'intercomparaison est appelé, par convention, le « laboratoire d'origine », les autres laboratoires participant aux essais d'intercomparaison étant appelés « laboratoires participants ».

Les recommandations ci-après s'appliquent aux deux types d'essais d'intercomparaison mentionnés ci-dessus :

- quand on compare des laboratoires de métrologie qui travaillent à des niveaux d'exactitude ou de raccordement approximativement identiques, au moins trois laboratoires doivent prendre part aux essais d'intercomparaison,
- quand l'intercomparaison porte sur des laboratoires travaillant à des niveaux d'exactitude ou de raccordement différents, il suffit alors que deux laboratoires prennent part à l'intercomparaison. Le laboratoire qui travaille au niveau d'exactitude ou de raccordement le plus élevé devrait auparavant avoir participé à des essais d'intercomparaison portant sur trois laboratoires ou plus, comme décrit ci-dessus,
- les compteurs de comparaison utilisés pour les essais d'intercomparaison font partie de la portion de canalisation formant section d'essai, l'ensemble étant constitué et transporté conformément aux spécifications de l'Annexe I,
- le laboratoire de métrologie qui est à l'origine de la comparaison doit effectuer un étalonnage du ou des compteurs de comparaison à deux reprises ; une première fois au début des essais d'intercomparaison et une deuxième fois après le dernier essai, afin de constater si des modifications n'ont pas affecté l'étalon de comparaison pendant les essais d'intercomparaison. Si un très grand nombre de laboratoires participent à la comparaison interlaboratoires, le laboratoire d'origine doit réétalonner le ou les compteurs de comparaison à intervalles réguliers au cours des essais, de telle manière que la stabilité de l'étalon de comparaison soit assurée. La fréquence de ces réétalonnages est fixée au début des essais de telle manière que toute variation ou toute détérioration ayant affecté le ou les compteurs de comparaison pendant ces essais puissent être rapidement détectées,
- la conception des essais et l'analyse et la présentation des résultats obtenus dans la comparaison interlaboratoires doivent être réalisées conformément aux prescriptions de l'Annexe II,
- les données obtenues par chaque laboratoire pendant les essais d'intercomparaison doivent être telles que spécifié en Annexe II et ces données doivent être présentées conformément aux prescriptions du point II.2 de cette Annexe,
- il peut être décidé, avant d'effectuer les essais d'intercomparaison, que les résultats d'essais de chaque laboratoire ne seront connus que de ce laboratoire et du laboratoire d'origine, jusqu'à ce que tous les essais aient été terminés. Les essais de chaque laboratoire peuvent alors être portés à la connaissance des seuls laboratoires ayant participé aux essais d'intercomparaison. Les résultats des essais d'intercomparaison doivent conserver un caractère confidentiel et n'être connus que des participants, sauf dans le cas où tous sont d'accord pour publier les résultats dans un rapport global et selon un mode accepté de tous (voir Annexe II, point II.3).
- une fois commencés, les essais d'intercomparaison doivent se dérouler aussi rapidement que possible afin de réduire le plus possible tout risque de dérive des compteurs de comparaison utilisés. Avant que ne commencent les essais d'intercomparaison, les participants doivent se mettre d'accord sur le calendrier des essais.

## ANNEXE I

### CHOIX ET TRANSPORT DES COMPTEURS DE COMPARAISON

#### I.1 Choix des compteurs de comparaison

Un compteur d'eau utilisé comme étalon de comparaison peut être un compteur d'eau d'un type commercial mais spécialement choisi, ou un dispositif spécialement conçu et construit à cet effet.

La fidélité et la reproductibilité du compteur d'eau sont des facteurs importants lorsque l'on examine son aptitude à être utilisé comme compteur de comparaison. La fidélité d'un compteur de comparaison est une évaluation de sa stabilité lorsque l'on effectue des mesures répétées à des intervalles de temps courts, en conservant les différents facteurs constants, par exemple le même ou les mêmes opérateurs, les mêmes dispositifs d'étalonnage. La reproductibilité d'un compteur de comparaison est une évaluation de sa stabilité lorsque l'on effectue des mesures répétées dans différents laboratoires, c'est-à-dire avec différents opérateurs et dispositifs d'étalonnage.

La sensibilité du compteur de comparaison aux conditions d'installation en amont détermine son aptitude à être utilisé dans les deux types principaux d'essais d'intercomparaison :

- a) pour les essais d'intercomparaison portant sur l'étalon, il faut utiliser un compteur de comparaison insensible aux conditions d'installation en amont du compteur,
- b) pour les essais destinés à déterminer les caractéristiques de l'installation d'essai des compteurs d'eau et en particulier pour vérifier les conditions d'écoulement dans la section d'essai, il faut utiliser au moins deux compteurs de comparaison d'un type identique à celui des compteurs devant ensuite être étalonnés dans l'installation, de telle manière que la sensibilité aux conditions en amont de l'installation soit contrôlée.

Le type d'essai détermine le choix du compteur. On trouvera au point II.4.1 de l'Annexe II un type d'essai recommandé, avec des détails sur la canalisation amont utilisée pour un essai à l'aide d'un étalon de transfert comportant deux compteurs.

Dans l'étendue de débit du compteur la courbe d'erreur idéale serait une courbe rectiligne et horizontale. En pratique, on doit éviter d'utiliser les zones de débit où le compteur présente des variations marquées de sa courbe d'erreur, en particulier (comme c'est le cas le plus souvent) au ou à proximité du débit minimal.

Un compteur choisi en tant que compteur de comparaison doit être de construction robuste et son niveau d'exactitude ne doit pas être affecté par les transports.

Le calibre du compteur choisi doit être compatible avec l'étendue de débit lors des essais et le plus souvent des compteurs de calibres différents sont nécessaires.

Le nombre de compteurs pouvant être utilisés, quel que soit le débit, est limité par les caractéristiques des installations des laboratoires participants ; cependant, afin de réduire au minimum les erreurs aléatoires, il est recommandé d'utiliser plusieurs compteurs en série lors des essais d'intercomparaison.

Le filtre, s'il existe, doit être fixe et ne doit pas risquer d'être soumis à des mouvements de rotation. Son nettoyage doit être effectué en faisant couler de l'eau en sens inverse à travers le compteur, à un débit qui ne risque pas de détériorer ce dernier.

#### I.2 Conception de la section d'essai pour les compteurs de comparaison

La section d'essai qui circule entre les laboratoires participant aux essais d'intercomparaison comporte le ou les compteurs de comparaison ainsi que les canalisations associées et les jonctions nécessaires pour permettre le branchement de la section d'essai dans le dispositif d'essai des laboratoires participants.



On trouvera en figure 1 un schéma recommandé pour la section d'essai dans lequel A et B sont des compteurs identiques et  $xD$  et  $yD$  sont les longueurs (exprimées en multiples du diamètre  $D$ ) de canalisation droite en amont du compteur, ces canalisations droites devant être au moins aussi longues que celles recommandées par le constructeur.  $aD$  et  $bD$  sont les longueurs de canalisations en aval, recommandées par le constructeur. Le compteur A est ainsi placé dans sa propre sous-section d'essai avec des longueurs  $xD$  et  $aD$  de canalisation droite en amont et en aval. De même, le compteur B est inclus dans sa propre sous-section d'essai avec des longueurs  $yD$  et  $bD$  de canalisation droite en amont et en aval.

Chaque sous-section d'essai doit être construite sous forme d'un ensemble amovible, afin de faciliter l'interchangeabilité des sous-sections d'essai à l'intérieur de la section d'essai.

Entre les deux sous-sections d'essai se trouve un tranquilliseur permettant d'assurer que les conditions d'entrée pour le compteur en aval (compteur B dans la figure 1) sont convenables. Le tranquilliseur a généralement pour but d'éliminer les tourbillons mais lorsque les conditions d'écoulement que l'on trouve en aval du compteur amont (compteur A sur la figure 1) sont telles qu'elles entraînent un profil de vitesse asymétrique, le redresseur d'écoulement doit également contenir un élément assurant la régularité du profil des vitesses. Des tranquilliseurs d'un type convenable sont indiqués en Annexe III.

Immédiatement en amont de la sous-section d'essai amont se trouve une section transverse ayant une longueur d'au moins  $2D$ . La section transverse est munie de dispositifs permettant de mesurer le profil de vitesse de l'écoulement dans au moins deux plans perpendiculaires et également de déterminer la composante giratoire de l'écoulement.

Chaque laboratoire participant devra posséder les pièces de fixation et d'adaptation permettant de connecter à leur installation d'essai la section d'essai complète (de longueur  $L$  sur la figure 1) qui circule entre les différents laboratoires participants.

Les surfaces internes des canalisations qui composent la section d'essai devront être traitées pour empêcher toute corrosion pendant le transport, l'utilisation ou le stockage.

### **I.3 Assemblage, emballage et transport**

#### **1.3.1. Assemblage**

##### **Conception**

La section d'essai doit être conçue de telle manière qu'elle puisse être assemblée facilement et avec précision dans les différents laboratoires où elle est utilisée. Un mauvais ajustement des longueurs successives de la canalisation d'essai doit être évité grâce à des brides à emboîtement, des goujons, ou grâce à des brides dont on aura soigneusement assuré l'identité des diamètres extérieurs et la concentricité avec l'axe de la canalisation. On doit éviter que les joints d'assemblage entre éléments de la canalisation ne fassent saillie à l'intérieur. Ceci peut être obtenu en faisant attention aux détails lors de la conception, par exemple en utilisant des joints toriques, des moyens de mise en place correcte des joints plats, etc.

##### **Identification**

Les tuyaux et canalisations doivent être numérotés ou identifiés par des lettres successives dans la direction de l'écoulement afin d'assurer l'uniformité du montage par les différents laboratoires. Le risque de décalages angulaires entre des tuyaux ou des éléments successifs doit être éliminé en indiquant clairement la partie supérieure du tuyau ou de la bride ou en marquant sur les brides adjacentes les trous de boulon correspondants. La direction de l'écoulement doit être clairement indiquée sur chaque partie de la canalisation.

##### **Schémas d'assemblage**

La section d'essai doit être accompagnée de schémas d'assemblage explicites.

### Pièces diverses

Il faut fournir tous les boulons, écrous, rondelles, joints, joints toriques, qui permettent l'assemblage des différentes parties de la section d'essai; des pièces de rechange en nombre suffisant doivent être prévues.

### Outils spéciaux

S'il peut être nécessaire, pendant les essais d'intercomparaison, de démonter l'installation pour la nettoyer ou pour vérifier les compteurs de comparaison ou la section d'essai, et si des outils spéciaux sont nécessaires pour cela, alors ces outils spéciaux doivent accompagner la section d'essai.

### Prises de pression

Chaque laboratoire participant doit fournir les canalisations de petit diamètre, les manomètres, etc. à connecter aux prises de pression de la section d'essai ou de la section transversale. Les prises de pression de la section d'essai doivent se terminer par un filetage mâle ou femelle conforme à la Norme ISO 7/1-1978, de préférence de taille R 1/4, et font partie de la section d'essai.

### Équipement et branchement électrique

Si l'on a choisi des compteurs de comparaison utilisant des dispositifs électriques ou électroniques, le câblage entre primaire et secondaire du compteur ainsi qu'entre secondaire et compteur d'impulsions (s'il est fourni) devra être inclus. Les câbles d'alimentation du primaire doivent en principe être fournis par les laboratoires participants ; les câbles d'alimentation pour le secondaire et le compteur d'impulsions, qui consomment peu d'énergie, accompagnent en général l'installation et sont fournis avec la section d'essai par le laboratoire d'origine.

Normalement les compteurs d'impulsions électroniques utilisés dans les essais d'intercomparaisons sont des appareils d'usage courant pour la plupart des laboratoires et n'ont pas à être fournis par le laboratoire d'origine.

Les schémas électriques, informations de câblage et données électriques doivent accompagner le ou les compteurs de comparaison.

### Vidange et assèchement

Les éléments de la canalisation, en particulier les compteurs de comparaison, doivent être équipés de moyens de vidange convenables, sans lesquels l'eau utilisée lors des essais pourrait rester emmagasinée dans les éléments après les essais.

Des instructions pour le séchage des éléments ou au contraire, pour les conserver dans une ambiance humide, doivent être données par le laboratoire d'origine.

## I.3.2. Emballage

Les différentes parties de la section d'essai, une fois celle-ci correctement démontée, doivent être convenablement emballées en fonction du type de transport envisagé. On peut par exemple employer un emballage plus léger ou moins volumineux si les éléments voyagent par avion.

L'emballage et les caisses doivent pouvoir être réutilisés, compte tenu du fait que les caisses doivent être ouvertes et fermées fréquemment lors de la série d'essais.

Des couvercles doivent être adaptés aux brides si les canalisations ne sont pas empaquetées. De même, l'introduction de débris provenant de l'emballage dans les compteurs de comparaison doit être empêchée par des couvercles adaptés aux brides des compteurs.

Les liaisons par vis doivent être protégées contre les détériorations et recouvertes par un bouchon protecteur adéquat.

Une liste des différents éléments, ainsi que des listes décrivant le contenu de chaque caisse, doivent être établies par le laboratoire d'origine et envoyées à part à tous les laboratoires participants.

Les éléments de la section d'essai doivent être envoyés aux personnes nommément désignées comme responsables des essais pour chaque laboratoire participant, et identifiés par des numéros de référence ou des groupes de lettres sur lesquels on se sera mis d'accord.

### I.3.3. Transport

Le coût et les formalités d'expédition de la section d'essai doivent être tour à tour à la charge de chaque laboratoire, à commencer par le laboratoire d'origine, sauf arrangements différents.

Pour éviter de longs retards et des coûts de stockage au lieu d'importation, les formulaires de douane nécessaires doivent, le cas échéant, être expédiés avant que l'expédition ne soit faite par le laboratoire, pour la nouvelle étape du circuit.

## ANNEXE II

### CONCEPTION DES ESSAIS, ANALYSE DES RESULTATS ET PRESENTATION DES RESULTATS DES COMPARAISONS INTERLABORATOIRES

#### II.1 Conception des essais

On trouvera au point II.4 de la présente Annexe la description d'un essai recommandé, en même temps que la méthode d'interprétation des résultats obtenus à partir d'un essai de ce genre.

##### II.1.1. Programme d'essai

Un programme d'essai détaillé doit faire l'objet d'un accord avant de commencer l'intercomparaison et après avoir fixé les exigences de base suivantes qui concernent les essais :

- a) étendue de débit à couvrir dans les essais d'intercomparaison par chaque laboratoire,
- b) niveau d'exactitude déclaré par chaque laboratoire dans la détermination des volumes de liquides et la détermination des débits,
- c) estimation de la composante systématique des erreurs dans la détermination des volumes et des débits, pour chaque laboratoire,
- d) estimation des erreurs aléatoires globales dans la détermination des volumes et des débits, pour chaque laboratoire, sur la base d'essais d'étalonnage antérieurs accomplis sur des compteurs de la plus haute qualité.

Les informations précédentes sont nécessaires pour la conception de l'essai. Un essai de conception simplifiée peut prévoir l'utilisation d'un seul compteur de comparaison qui sera étalonné à deux ou trois débits, trois points d'essai ou davantage étant faits à chaque débit. Cette procédure est répétée par chacun des laboratoires participants. Des essais de conception plus complexes peuvent comprendre deux compteurs de comparaison ou davantage, afin de déterminer les erreurs systématiques dues aux conditions d'écoulement du liquide dans chaque laboratoire et éventuellement à d'autres aspects. La conception de l'essai doit comporter des informations au sujet de la section d'essai et indiquer par exemple si des tranquilliseurs, des sections transverses ou autres dispositifs doivent être incorporés.

Sur la base des informations obtenues conformément aux points a) à d) ci-dessus, on établira un programme d'essai qui devra stipuler au minimum:

- le type et le nombre de compteurs de comparaison à utiliser,
- le nombre et la valeur précise des débits sur toute l'étendue de débit dont il a été convenu,
- le nombre de points d'essai qui doivent être faits à chaque débit,
- les données que l'on doit obtenir à chaque débit, et
- l'ordre, aléatoire ou autre, dans lequel les points d'essai devront être réalisés et, si nécessaire, les arrêts qui devront être observés pendant le programme d'essai.

##### II. 1.2. Données d'essai

Il ne suffit pas de se mettre d'accord sur la forme du programme d'essai; il est essentiel que les données à obtenir à chaque point d'essai par chaque laboratoire soient suffisantes et qu'elles aient le niveau de précision exigé pour permettre que les niveaux d'exactitude requis soient obtenus.

De plus, il faut établir une base commune et acceptée par tous pour spécifier les conditions d'essai et pour effectuer sur les données les corrections résultant de facteurs tels que la température, la poussée de l'air, les effets de la gravitation, etc. de telle manière que les résultats obtenus par différents laboratoires puissent être vraiment comparables.

Les essais doivent être effectués avec soin par des opérateurs compétents en utilisant les procédures et les techniques normalement employées dans le travail quotidien de chacun des laboratoires.

Le laboratoire d'origine, compte tenu de l'expérience qu'il a acquise durant les essais initiaux sur la section d'essai, doit produire une liste ou un formulaire en blanc, indiquant les données qui doivent être obtenues au cours des essais par les laboratoires participants ; cette liste ou ce formulaire doit être envoyé aux laboratoires participants.

Une fois les données obtenues, elles doivent être présentées sous forme de tableaux et les calculs types effectués conformément à une manière qui a reçu l'accord de tous.

### II.1.3. Méthodes analytiques et calculs

Les méthodes données ci-dessous sont conformes à la Norme ISO 5168-1978 « Mesure de débit de fluides - Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit ».

#### a) Incertitude globale

Une indication de l'exactitude estimée doit accompagner chaque résultat de mesure. L'estimation de l'exactitude comprend deux parties, représentant respectivement les composantes aléatoire et systématique. Par exemple après l'indication de la valeur moyenne corrigée de la mesure « y », l'exactitude doit être indiquée comme le montre l'exemple suivant :

« y » ± 0,24 pour cent (8 aléatoires 95 ± 0,16 pour cent).

Ce qui s'interprète comme suit : la composante aléatoire de l'estimation, selon la loi de Student, est à 8 degrés de liberté pour un niveau de confiance de 95 pour cent. Dans l'exemple donné, elle s'élève à ± 0,16 pour cent. (L'erreur type sur la moyenne (aléatoire) étant de ± 0,069 pour cent, la valeur t pour 8 degrés de liberté et à un niveau de confiance de 95 pour cent est égale à 2,31).

La composante systématique de l'incertitude de l'estimation est obtenue en soustrayant la variance aléatoire de la variance globale, c'est-à-dire  $(0,24^2 - 0,16^2)^{1/2} = 0,18$ . Ainsi la composante systématique de l'incertitude est dans ce cas de ± 0,18 pour cent.

La valeur moyenne corrigée de la mesure « y », ne doit pas être exprimée avec davantage de précision que n'en permet l'estimation globale de l'exactitude.

#### b) Calculs concernant la moyenne

Le symbole  $\Sigma$  représente la somme de n termes conformes à l'expression qui suit immédiatement le symbole. Le suffixe i prend toutes les valeurs de 1 à n.

Par exemple :  $\Sigma y_i = y_1 + y_2 + \dots + y_n$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y_i}{n}$$

où  $\bar{y}$  est la valeur moyenne de y.

L'écart-type s est donné par

$$s^2 = \frac{\Sigma (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

La composante aléatoire de l'incertitude sur la moyenne (à un niveau de confiance de 95 pour cent),  $U_r$ , est donné par

$$U_r = st / \sqrt{n}$$

où  $t$  est le coefficient de Student pour un niveau de signification statistique de 0,05 et pour  $n - 1$  degrés de liberté.

Ces calculs sont en accord avec la Norme ISO 2854-1976 « Interprétation statistique des données - Techniques d'estimation et tests portant sur des moyennes et des variances ».

Note: aux points a et b, on a utilisé les coefficients de Student  $t$ . Si des séries de  $n$  observations sont faites indépendamment les unes des autres sur un ensemble dont la distribution est normale, le coefficient de Student  $t$  est égal à

$$t = \sqrt{n}(\bar{y} - \mu) / s$$

où  $\bar{y}$  et  $s$  sont respectivement la moyenne et l'écart-type déjà définis et  $\mu$  la moyenne de la population infinie.

Dans ce cas les valeurs  $t$  seront distribuées symétriquement par rapport à zéro d'une manière qui ne dépend que du nombre de degrés de liberté concernés. La distribution peut être déterminée mathématiquement et fournit les données pour la publication des tables des valeurs  $t$  de Student.

Sur la base des tables de Student, l'intervalle de confiance 100  $(1 - \alpha)$  pour cent pour  $\mu$  est donné par

$$\bar{y} - U_r \leq \mu \leq \bar{y} + U_r$$

où la probabilité  $\alpha$  est 0,05 dans cet exemple; ainsi l'étendue définie par  $\pm st\sqrt{n}$  est l'intervalle de confiance pour  $\mu$ , à 95 pour cent en supposant que l'espérance mathématique de  $\bar{y}$  est  $\mu$ . Dans le présent document l'intervalle de confiance à 95 pour cent pour la moyenne est appelé composante aléatoire de l'incertitude sur la moyenne.

Les participants à une intercomparaison peuvent aussi se mettre d'accord sur un niveau plus élevé de confiance (par exemple 99 pour cent) en particulier pour les laboratoires ayant un haut degré d'exactitude.

### c) Calculs

Le groupe de points d'essais donnant le facteur ou l'erreur du ou des compteurs de comparaison, au même débit nominal ou pour le même nombre de Reynolds, est traité et les résultats des calculs présentés en tableau sous les entrées suivantes: numéro du point d'essai; numéro de l'essai, du lot ou du groupe; moyenne; nombre de points d'essais; écart-type; coefficient de Student; composante aléatoire de l'incertitude sur la moyenne.

On doit voir clairement, à partir du tableau, dans quel ordre les données ont été obtenues.

Un registre des essais doit être tenu, comprenant les détails sur tout ce qui s'est passé, y compris sur la qualité de l'eau et l'analyse de densité.

Les résultats des essais d'intercomparaison doivent être présentés sous une forme commune à tous les laboratoires, et préalablement acceptée. La méthode acceptée peut être sous forme de tableau ou de graphique, ou toute combinaison appropriée.

A la fin des essais d'intercomparaison, quand tous les calculs et essais supplémentaires nécessaires ont été effectués, les résultats de chaque laboratoire doivent être, selon ce qui a été décidé, soit communiqués à tous les laboratoires, soit envoyés à un laboratoire désigné pour effectuer l'analyse.

## II.2 Analyse des résultats

Lors de toute expérimentation, il y a des erreurs aléatoires inévitables qui donnent une variabilité aux résultats d'essais. L'analyse des résultats a pour but de décider si une différence entre les résultats d'essais de deux laboratoires est significative.

Ainsi l'analyse permet de produire des statistiques qui constituent des mesures de la variabilité des étalons de comparaison et des dispositifs d'essai qui font l'objet de l'évaluation. Une statistique peut être la mesure de la répétabilité, c'est-à-dire la mesure de la variabilité des résultats obtenus dans un laboratoire par un opérateur ou par les mêmes opérateurs, utilisant le même équipement. Une autre statistique peut être appelée statistique de reproductibilité et constitue une mesure de la variabilité des résultats obtenus par tous les laboratoires participants. Le présent Document permet une très grande variété de conception de modèles. Il est recommandé d'obtenir l'aide d'un statisticien compétent lorsque l'on effectue la conception de l'essai, afin que le modèle conçu permette d'obtenir efficacement la quantité maximale d'informations exigées pour la quantité minimale de travail nécessaire aux essais. Ce statisticien peut effectuer l'analyse des résultats d'essai et aider à leur interprétation.

A la fin de l'analyse certaines questions peuvent se poser ; ce sont les suivantes :

- a) les méthodes d'essai permettent-elles d'obtenir un accord acceptable entre les résultats des différents laboratoires ?
- b) si les résultats ne sont pas acceptables, quel est le défaut de la méthode d'essai ?
- c) quels sont les laboratoires qui s'écartent trop du résultat moyen et pourquoi ?

Bien que l'on ne donne pas ici les détails sur l'analyse des résultats, on trouvera des renseignements sur l'analyse des résultats obtenus en utilisant l'essai de conception préférée (voir point II.4 de la présente Annexe).

De préférence on organisera une réunion permettant d'examiner les résultats tels qu'ils ont été préparés par le laboratoire chargé de cela; si cela n'est pas possible, cette étude doit se faire par correspondance.

Les résultats de l'intercomparaison peuvent être présentés sous toute forme acceptée en commun.

### **II.3 Présentation des résultats**

Etant donné que l'objet d'un essai d'intercomparaison est de créer un climat de confiance dans l'aptitude d'un laboratoire à effectuer des étalonnages de compteurs d'eau avec des niveaux d'exactitude stipulés, il est vraisemblable qu'il y aura des pressions considérables à la fois d'un point de vue métrologique et d'un point de vue commercial, qu'il faudra prendre en considération dans la présentation des résultats d'une telle série d'essais.

On peut se mettre d'accord sur la meilleure manière de présenter et de publier les résultats, sous forme écrite ou orale ; cependant le projet définitif d'un tel rapport doit faire l'objet d'un accord écrit par tous les laboratoires avant d'être publié.

Si des désaccords se produisaient, un ou plusieurs laboratoires peuvent accepter que soit supprimée toute référence à eux-mêmes dans le rapport, de telle sorte que les résultats des autres laboratoires ayant fait l'intercomparaison puissent être publiés.

### **II.4 Exemple d'une conception d'essai interlaboratoire et d'analyse**

#### **II.4.1. Conception d'essai préférée**

Un programme d'essai préféré (qui utilise la section d'essai décrite en figure 1) est donné ici à titre d'exemple.

Dans la section d'essai on place un tranquilliseur entre les deux compteurs de comparaison. Ainsi le compteur en aval se présente théoriquement dans les conditions d'écoulement « idéales », c'est-à-dire stables, sans effet giratoire et avec un profil de vitesse symétrique, alors que le compteur amont subit les conditions normales d'écoulement du laboratoire. Dans cette conception, les erreurs systématiques résultant de mauvaises conditions d'écoulement peuvent être estimées, en comparant les performances des compteurs amont et aval.

Dans chaque laboratoire à tour de rôle, les compteurs sont installés dans leur sous-section d'essai, tout d'abord dans l'ordre indiqué dans la fig. 1, c'est-à-dire le compteur A en amont et le compteur B en aval.

Afin de déterminer l'erreur du compteur ou son facteur de correction, on répétera cinq points d'essai à successivement chacun des trois débits fixés (soit au total 15 points d'essai).

L'installation est complètement arrêtée, puis on répète la séquence complète (15 points d'essai).

Les sous-sections qui contiennent les compteurs" sont inversées de telle manière que le compteur B vienne en amont et le compteur A en aval.

On répète de manière identique la totalité de la séquence initiale d'essai: cinq points d'essai à chacun des trois débits (15 points d'essai).

L'installation est complètement arrêtée, puis on effectue une série de 15 points d'essai, cinq à chacun des débits fixés.

Le programme d'essai se termine de cette manière. La séquence est montrée dans le tableau ci-dessous, pour un minimum de 15 points d'essais, répartis selon le modèle préconisé.

Numéro de l'essai	Numéro des points d'essai	Débit	Position des compteurs dans le sens de l'écoulement du liquide
1	1-5	a	A → B
2	6-10	b	A → B
3	11-15	c	A → B
arrêt			
4	16-20	a	A → B
5	21-25	b	A → B
6	26-30	c	A → B
inversion des compteurs			
7	31-35	a	B → A
8	36-40	b	B → A
9	41-45	c	B → A
arrêt			
10	46-50	a	B → A
11	51-55	b	B → A
12	56-60	c	B → A

#### II.4.2. Représentation graphique des résultats

La représentation graphique des résultats peut être faite de multiples manières. Au niveau d'un laboratoire, les résultats du compteur A peuvent être comparés aux résultats du compteur B, pour chaque débit et pour chaque point d'essai, quand les compteurs sont en position amont. Ces résultats sont en principe statistiquement indépendants les uns des autres étant donné qu'ils ont été enregistrés à des moments différents. En conséquence, les résultats peuvent faire l'objet d'une analyse de variance comme décrit ci-dessous. Une autre combinaison concerne les résultats du compteur A en position amont et les résultats du même compteur A en position aval. Cette dernière combinaison peut être utile pour évaluer l'efficacité du tranquilliseur.

Quand on représente graphiquement les résultats de tous les laboratoires, on peut utiliser les mêmes combinaisons mais il peut être nécessaire d'établir les graphiques pour un débit seulement afin de limiter le nombre de points sur chaque graphique. Cette restriction est nécessaire si on constate des différences dans les résultats obtenus à différents débits.



Les couples de résultats choisis sont utilisés, dans la préparation du graphique, de la manière suivante. On prépare le graphique en traçant l'axe des  $x$  à la partie inférieure du papier et en traçant sur cet axe une échelle qui couvre l'étendue des résultats pour les abscisses  $x$ . A la gauche, l'axe des  $y$  est muni d'une échelle dans les mêmes unités, qui englobe l'étendue des résultats pour les ordonnées  $y$ . Les couples de résultats choisis permettent de mettre en position les points.

On trace parallèlement à l'axe des  $x$  une ligne horizontale médiane de telle manière qu'il y ait autant de points au-dessus de la ligne qu'en dessous. On trace parallèlement à l'axe des  $y$  une seconde ligne médiane de telle manière qu'il y ait autant de points à la gauche de cette ligne qu'à sa droite. S'il existe des points qui, de manière évidente, s'écartent trop de tous les autres, on ne les prend pas en considération pour déterminer les lignes médianes et on peut les omettre du graphique de telle manière que des échelles plus appropriées puissent être utilisées (voir fig. 2). Il est conseillé d'utiliser des symboles différents pour une identification unique des résultats.

Les lignes médianes divisent le graphique en quatre cadrans. Théoriquement lorsque seules se manifestent des erreurs aléatoires, les points seront également nombreux dans tous les cadrans (voir fig. 2). Cela résulte du fait que les erreurs en plus et en moins sont également réparties. Le fait que les points se trouvent dans une enveloppe circulaire autour de l'origine ou sont distribués dans une enveloppe elliptique dont l'axe principal a une pente de  $\pm 1$  traduit la nature de la variation dans l'installation d'essai et les compteurs de comparaison. En utilisant les notations cartésiennes, les points qui se trouvent dans le premier cadran sont systématiquement « hauts » par rapport à la meilleure estimation disponible de la valeur vraie de l'erreur ou du facteur de chaque compteur étalon de comparaison, c'est-à-dire les coordonnées du point d'intersection des droites médianes. De même, les points qui se trouvent dans le troisième cadran sont systématiquement « bas ». Dans les deuxième et quatrième cadrans les points ne sont pas compatibles ou sont placés aléatoirement étant donné que les points qui sont situés dans ces aires sont « bas-hauts » ou « hauts-bas » par rapport à l'origine. La fig. 3 est un exemple de graphique montrant un biais systématique.

#### II.4.3. Analyse des résultats

Le laboratoire désigné à cet effet doit prendre toutes les données obtenues pendant les essais d'intercomparaison, y compris la série complémentaire d'essais effectuée par le laboratoire d'origine à la fin de la séquence d'essais. Il effectue une analyse qui est envoyée à tous les participants pour discussion.

La première question à laquelle il faut répondre à partir de l'analyse des résultats, dans cette conception particulière d'essai, est de savoir si les conditions de débit ont été améliorées de manière significative par l'utilisation d'un tranquilliseur. Il faut répondre à une telle question au sujet de chaque laboratoire. Dans la représentation graphique, les résultats du compteur A en position amont sont comparés aux résultats du compteur A dans la position aval. On répète cette procédure pour le compteur B. Les lignes médianes sont placées graphiquement de la manière usuelle. Il faut alors décider si une position particulière du compteur donne une valeur médiane plus faible que l'autre, et ce pour chacun des deux compteurs. Toute différence doit faire l'objet d'un essai pour être certain de son caractère significatif.

Les résultats obtenus pour les compteurs installés en série peuvent être analysés afin de savoir dans quelle mesure la variance observée pour chaque compteur est attribuable au compteur ou à l'installation d'essai. On obtient cela en calculant le coefficient de corrélation pour des résultats répétés d'un compteur, déterminés à un seul débit.

La variance des résultats pour chaque compteur peut ensuite être divisée entre:

- a) celle qui est en corrélation avec la variance observée dans les résultats pour l'autre compteur. On peut penser que cela est dû à un facteur quelconque commun aux deux compteurs placés en série, par exemple l'écoulement qui les traverse, produit par l'installation d'essai,

b) celle qui n'est pas en corrélation avec la variance observée pour l'autre compteur. Cela peut être attribué aux compteurs eux-mêmes et à la manière dont ils fonctionnent dans un laboratoire particulier. On peut s'attendre à ce que, étant donné des performances satisfaisantes d'un compteur, cette partie non corrélée de la variation totale observée soit approximativement une constante lors de différents essais dans chaque laboratoire.

Il faut ensuite faire la comparaison des résultats en provenance de tous les laboratoires. Pour un débit, les résultats du compteur A placé en amont et du compteur B placé en aval sont inscrits sur le graphique. Cela donne deux points pour chaque laboratoire sur chaque graphique. Cette procédure est répétée pour chaque débit donnant ainsi trois graphiques. Trois graphiques supplémentaires sont produits avec les résultats du compteur A en aval et du compteur B en amont. Sur ces graphiques, les lignes médianes sont placées comme déjà décrit.

Chaque graphique doit être examiné pour décider si les points répétés pour chaque laboratoire sont consistants. Si par exemple les points répétés pour un laboratoire ne sont pas à l'intérieur de l'incertitude estimée pour ce laboratoire, telle qu'elle est exigée au point II.1.1. de cette Annexe, et cela pour un large pourcentage de graphiques, il faut alors en conclure que les méthodes du laboratoire en question sont inadéquates ou appliquées sans le soin nécessaire. Une ou deux inconsistances peuvent indiquer des erreurs dues à un manque de soin (par exemple dans la lecture d'un instrument ou le calcul d'un résultat). Chaque graphique doit être examiné conformément au point II.4.2. ci-dessus.

Une estimation de l'écart-type de l'essai d'intercomparaison est faite de la manière suivante. Cette estimation sera faite pour chacun des graphiques établis.

On calcule les différences, avec leur signe, pour les couples de résultats utilisés pour mettre en place les points sur le graphique; cela donne les valeurs  $Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n$ . La moyenne de ces différences est calculée et désignée par  $\bar{Z}$ . L'écart-type,  $S$ , de ces données est calculé par la formule usuelle.

$$S = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2}{n - 1} \right\}^{1/2}$$

Un cercle de rayon  $2S$  centré à l'intersection des lignes médianes doit contenir 95 pour cent des laboratoires. Les laboratoires en dehors du cercle doivent réexaminer leurs méthodes d'essai.

Ce calcul n'est pas exact mais il est d'un usage rapide et facile. Davantage d'informations peuvent être obtenues par une analyse statistique complète des résultats. Cependant l'analyse ci-dessus par approche graphique doit en principe donner suffisamment d'informations pour tirer des conclusions.

Note : si peu de laboratoires seulement participent au programme d'essai, on peut alors placer sur un même graphique les points correspondant aux différents débits pourvu que les différences entre les résultats obtenus à différents débits ne soient pas significatives. Si les résultats sont différents, on superpose les différents graphiques en alignant leurs lignes médianes et ensuite tous les points sont transférés sur un seul graphique. Cette procédure n'a pas d'influence sur les calculs de l'estimation de l'écart-type.

### *Bibliographie*

ISO 2854 - 1976 « *Interprétation statistique des données. Techniques d'estimation et tests portant sur des moyennes et des variances* ».

ISO 5168 - 1978 « *Mesure des débits de fluide. Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit* ».

Youden, W.J. — « *Graphical diagnosis of interlaboratory test results*. » *Industrial Quality Control* 15(11), May 1959, 133-137.

## ANNEXE III

### MODELES SUGGERES DE TRANQUILLISEURS

#### III.1 Objet

Comme indiqué en Annexe I, point I.2, l'objet d'un tranquilliseur installé entre les compteurs placés en série est d'assurer que le compteur aval n'est pas affecté par des anomalies dans le profil de vitesse, qui peuvent exister dans l'installation d'alimentation. On considère que de telles anomalies dans le profil de vitesse peuvent résulter d'une des possibilités ci-après ou d'une combinaison de certaines d'entre elles. Par « anomalies » on entend n'importe quel écart par rapport au profil de vitesse propre, c'est-à-dire celui que l'on peut théoriquement attendre de la canalisation donnée:

- a) rugosité des parois de la canalisation,
- b) phénomènes d'inertie et de viscosité,
- c) propriétés du fluide,
- d) position dans la canalisation.

Les exemples comprennent :

- un profil de vitesse linéaire mais oblique (tel qu'il pourrait résulter d'un coude en amont ou d'une vanne partiellement fermée)
- une distribution tourbillonnaire à travers la section d'écoulement (telle qu'elle pourrait résulter d'une paire de coudes en amont placés dans deux plans différents, ou d'un compteur turbine situé en amont).

Différents types de tranquilliseurs ont été conçus pour supprimer l'une de ces anomalies ou les deux. Ces dispositifs entraînent inévitablement une perte de pression du fluide qui les traverse; cela entraîne une consommation supplémentaire d'énergie à la pompe et donc affecte l'efficacité du pipeline. Les différentes conceptions aboutissent à une très grande diversité d'efficacité dans l'obtention du but recherché.

Quel que soit son type, un tranquilliseur doit être installé de telle manière qu'une longueur droite de canalisation de diamètre constant sépare le tranquilliseur du compteur placé en aval. Cette longueur est destinée à obtenir un écoulement doté d'un profil de vitesse stable, symétrique et sans effet giratoire avant d'entrer dans le compteur. Si ce profil n'est pas obtenu en amont du redresseur, il est alors conseillé que l'écoulement entre dans le compteur avec un profil doté d'une grande répétabilité par rapport à tous les types de profils que peut avoir l'écoulement en entrant dans le tranquilliseur. Dans ces conditions on étalonne une longueur aussi longue que possible de canalisations normalement installées en amont du tranquilliseur, le tranquilliseur, la canalisation droite intermédiaire, le compteur et la canalisation se trouvant en aval du compteur. Ceci permet d'obtenir, à un plus haut niveau, l'assurance que les performances du compteur ne sont pas systématiquement perturbées par des anomalies du profil de l'écoulement.

Les caractéristiques de la perte de pression provoquée par un tranquilliseur peuvent être reliées à la vitesse caractéristique de l'écoulement à travers le dispositif. Afin de réduire cette perte de pression, il est possible d'accomplir la correction de l'écoulement dans une section élargie de la canalisation. De cette manière la vitesse caractéristique et donc la perte de pression peuvent être réduites.

#### III.2 Différents types de tranquilliseurs

On trouvera ci-après des exemples de tranquilliseurs conçus pour rétablir les profils de vitesse linéaires anormaux.

### Faisceau de tubes

Il s'agit d'une configuration variable d'un certain nombre (3 à 30) de petits tubes d'épaisseur fine, dont la longueur est entre la moitié et trois fois le diamètre de la canalisation dans laquelle le faisceau est installé. Des configurations types sont indiquées en figure 4. Un tel faisceau de tubes réduit le tourbillon présent dans l'écoulement, en raison des petits tubes qui empêchent les composantes azimutales ou giratoires de la vitesse du fluide. L'efficacité des faisceaux de tubes (et leur perte de pression) augmente en même temps que le rapport du diamètre à la longueur des petits tubes s'approche de zéro. Après que le fluide soit passé à l'intérieur et entre les petits tubes, la réunion des courants individuels entraîne une distribution régulière de l'énergie cinétique du fluide à travers la section de l'écoulement, permettant ainsi de supprimer des anomalies telles que des profils de vitesse linéaires mais obliques, qui peuvent avoir pénétré dans le faisceau. Après le passage de l'écoulement en aval en direction du compteur, la viscosité du fluide et les turbulences sont les seuls facteurs qui peuvent supprimer une anomalie qui subsisterait dans l'écoulement avant qu'il n'atteigne le compteur.

### Plaques perforées

Elles consistent en une ou plusieurs (en général trois ou moins) plaques dans lesquelles de très nombreux petits trous ont été percés, selon des dessins très variables. Des configurations types sont montrées en figure 5. Ces plaques sont placées en travers de la section interne de la canalisation et les plaques successives sont espacées, dans le sens du courant, d'une longueur égale au diamètre de la canalisation dans laquelle elles sont installées. Ces plaques conditionnent le débit par l'action de mélange produite dans le sillage de chaque plaque. Afin d'obtenir une rigidité structurelle suffisante de chaque plaque, la porosité de la plaque perforée est en général plus faible que celle du faisceau de tubes. Cela entraîne généralement une perte de pression plus importante dans le fluide traversant la plaque. Etant donné que le rapport entre le diamètre et la longueur des trous percés dans la plaque perforée est généralement proche de l'unité, l'action tubulaire qui conduit à l'annulation de la composante giratoire de la vitesse n'est pas une caractéristique principale de ce type de tranquilliseur. Aussi les tranquilliseurs du type « plaque perforée » ont-ils été utilisés dans le passé pour supprimer des anomalies telles que les profils de vitesse linéaire obliques dans les canalisations d'écoulement. Cette suppression, provoquée par l'effet de mélange produit par les plaques, peut être complétée par l'influence de la viscosité du fluide ou les turbulences dans l'écoulement en direction du compteur situé en aval.

### Modèle Zanker

Il consiste en une combinaison du tranquilliseur à plaque perforée et du tranquilliseur à faisceau de tubes. Le tranquilliseur type Zanker est montré figure 6. Dans ce dispositif, le fluide qui a traversé un des trous de la plaque perforée pénètre ensuite dans un petit conduit tubulaire aligné avec le trou et dans lequel le phénomène d'action tubulaire peut, en fonction de la dimension de la tubulure, réduire la composante giratoire du profil de vitesse d'entrée. Par une dimension appropriée des trous de la plaque perforée, il est possible d'obtenir une distribution radiale de la vitesse linéaire, dans l'écoulement de sortie, qui s'approche de la distribution type décrite plus haut. De cette manière le besoin pour une correction supplémentaire du profil de sortie, en utilisant les effets de la viscosité du fluide et des turbulences, est réduite. Il faut noter que le tranquilliseur type Zanker, combinaison des deux types précédemment décrits, est plus difficile et plus cher à construire.

### Type « étoile »

Ce type de tranquilliseur consiste en un certain nombre (trois à huit) de pales radiales séparées entre elles par des angles égaux, et qui s'étendent à partir de l'axe central de la canalisation en direction de la paroi de la canalisation. Le longueur de ces pales varie entre la moitié et plusieurs fois le diamètre; un tranquilliseur du type étoile est montré en figure 7. Un tel dispositif corrige l'écoulement d'une manière sans doute très similaire à celle du faisceau de tubes. Les pales réduisent les composantes giratoires de la vitesse du fluide, en liaison avec leur écart angulaire et leur longueur dans le sens de l'écoulement. En aval du dispositif, les conditions existantes de mélange des écoulements sortant des conduits triangulaires ont tendance à aboutir à une distribution régulière de l'énergie cinétique du fluide à travers la section de

l'écoulement. De plus, l'annulation de l'écoulement de fluide produit par l'intersection des pales dans l'axe de la canalisation a tendance à produire une distribution radiale de l'énergie cinétique du fluide de telle manière que l'écoulement en aval du dispositif atteigne un profil plat. En fonction du nombre, de l'épaisseur, et de la longueur dans le sens de l'écoulement des pales, le tranquilliseur de type étoile peut avoir des caractéristiques de perte de pression très faibles.

#### Type NBS

Ce type de tranquilliseur est montré en figure 8. Sa forme résulte d'un grand nombre de calculs relatifs à des écoulements de fluide à travers des configurations variées, en vue d'obtenir de bonnes performances. Il ne faut cependant le considérer ni comme un dispositif optimal, ni comme un tranquilliseur type. L'action correctrice est basée sur le fait que l'écoulement subit des rotations à 90°, passe à travers un cylindre perforé et ensuite fait à nouveau l'objet de rotations à 90° afin de retrouver la direction d'écoulement d'origine. Grâce à ce cheminement compliqué, à l'effet de mélange produit par le cylindre perforé, et au changement par rapport à l'aire de la section transversale de l'écoulement d'origine, un profil d'écoulement très répétable est produit, dans lequel effet giratoire et oblicité du profil de vitesse sont considérablement réduits.

#### Bibliographie

ISO 5167 « *Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire* ».

Mattingly, G.E. et al - « *A laboratory study of turbine meters.* » NBS Spécial Publication 484, Oct. 1977 (Note: the flow conditioner referred to in this publication and subsequent modifications have produced the geometry of the NBS flow straightener).

Mercenier, P., Sonon, A., et Wauters, P. « *Considérations sur les dispositifs antigiratoires et présentation d'un nouveau tranquilliseur du type étoile* ». Promoclim E (Etudes thermiques et aéroliques) Vol. TE, N° 2 Juin 1976, pp. 85-112.

Sprenkle, R.E. and Courtright, N.S. « *Straightening vanes for flow measurement* ». ASME paper N° 57 A-76, 1957.

Zanker, K.J. « *The development of a flow straightener for use with orifice plates in disturbed flows.* » In: *Flow Measurement in Closed Conduits, Vol. 2, HMSO Edinburgh 1962.*

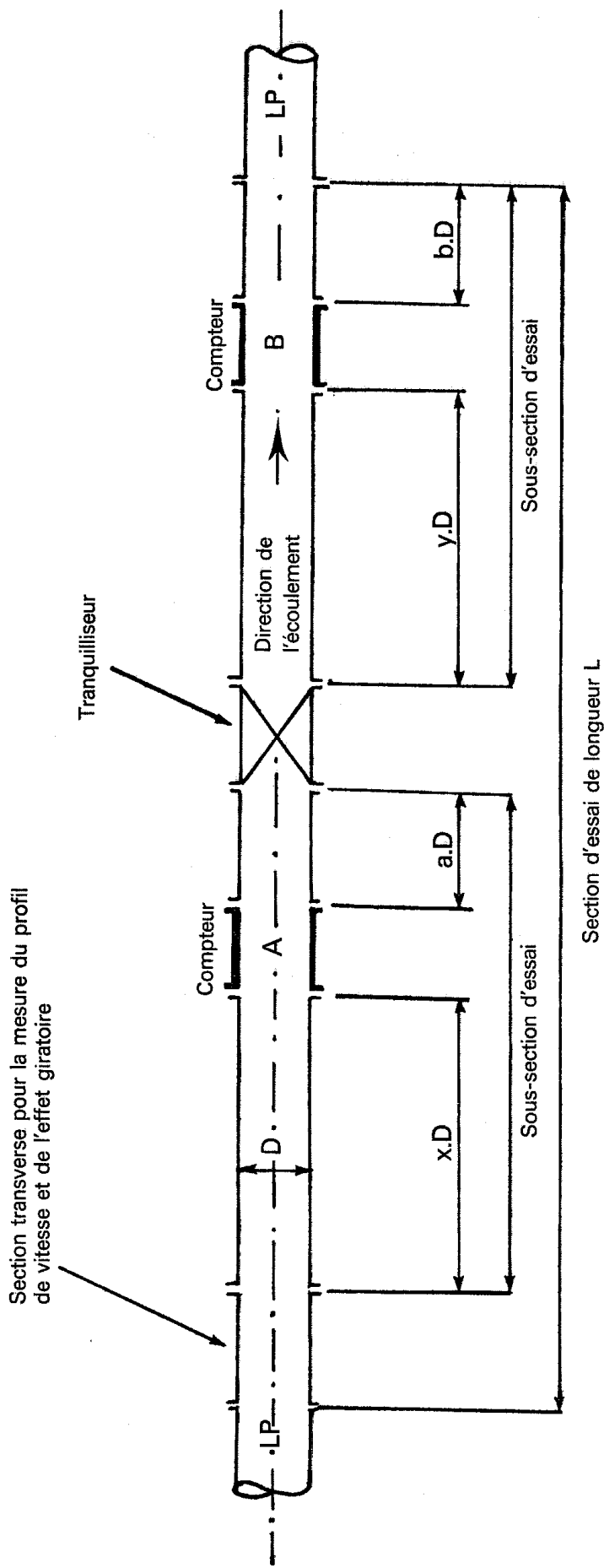


Figure 1

SCHEMA D'INSTALLATION RECOMMANDE POUR LA SECTION D'ESSAI

AB : compteurs similaires

LP : canalisation du laboratoire

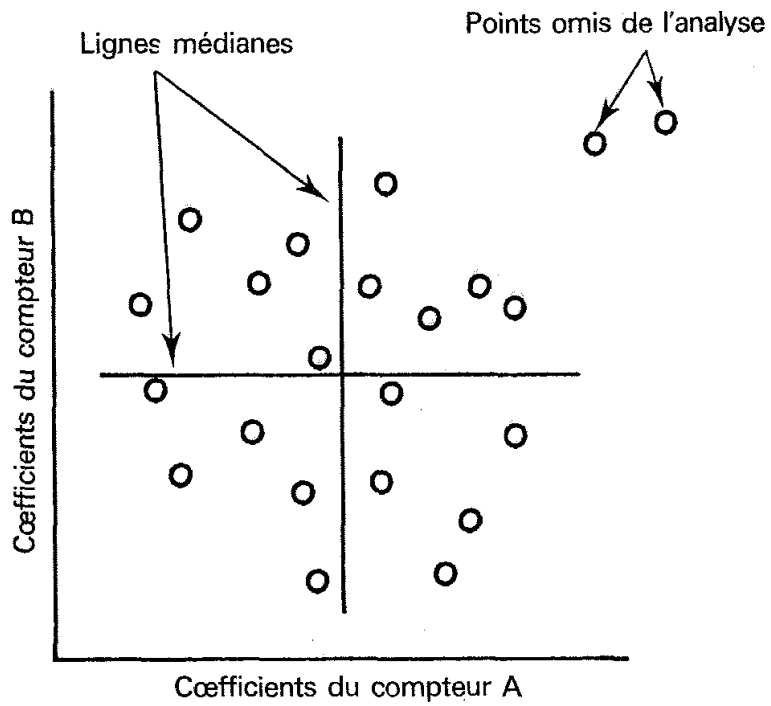


Figure 2

TRACE MONTRANT UNE DISPOSITION IDEALE

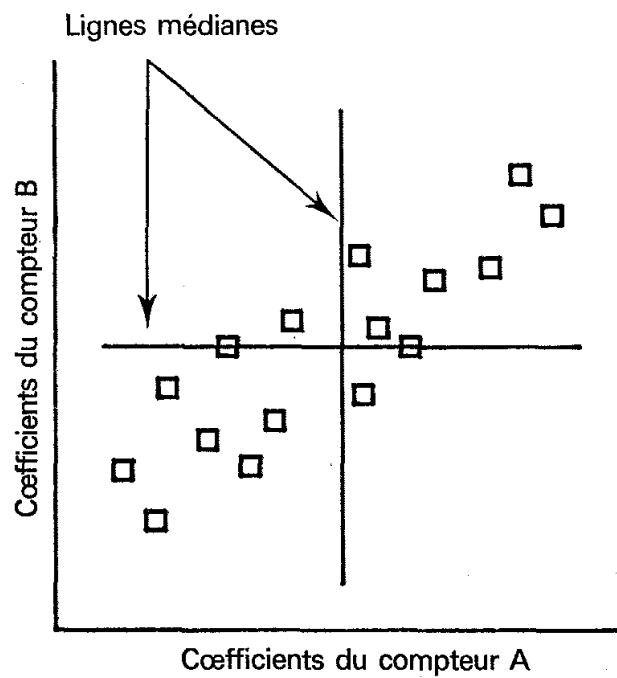


Figure 3

TRACE MONTRANT UNE ERREUR SYSTEMATIQUE

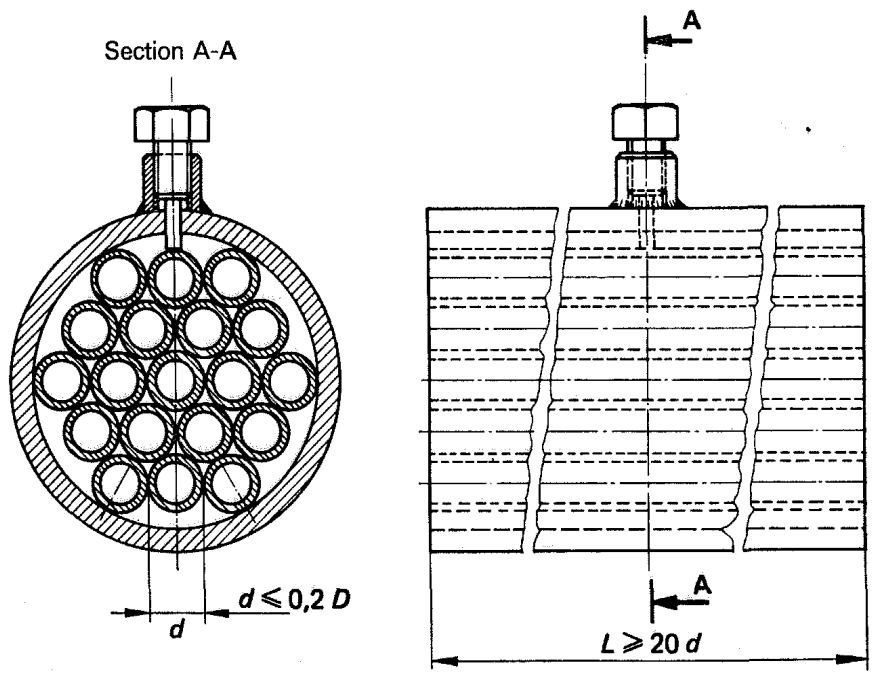


Figure 4

TRANQUILLISEUR A FAISCEAU DE TUBES

Note — Afin de diminuer la perte de pression, l'entrée des trous peut être chanfreinée à 45°.

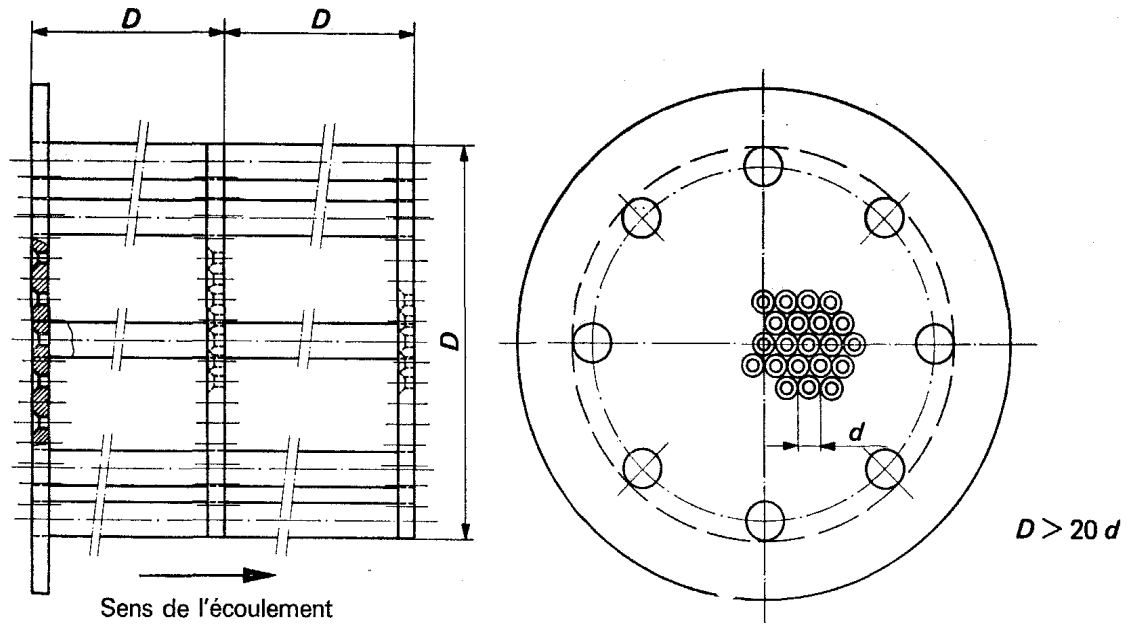


Figure 5

TRANQUILLISEUR A PLAQUES PERFOREES

Note du BIML : les Figures 4, 5 et 6 sont extraites de la Norme internationale ISO 5167-1980, Figure 1, reproduite avec l'autorisation de l'Organisation Internationale de Normalisation, ISO. Des exemplaires de cette norme peuvent être obtenus auprès du Secrétariat Central de l'ISO, Case postale 56, 1211 Genève 20, Suisse.



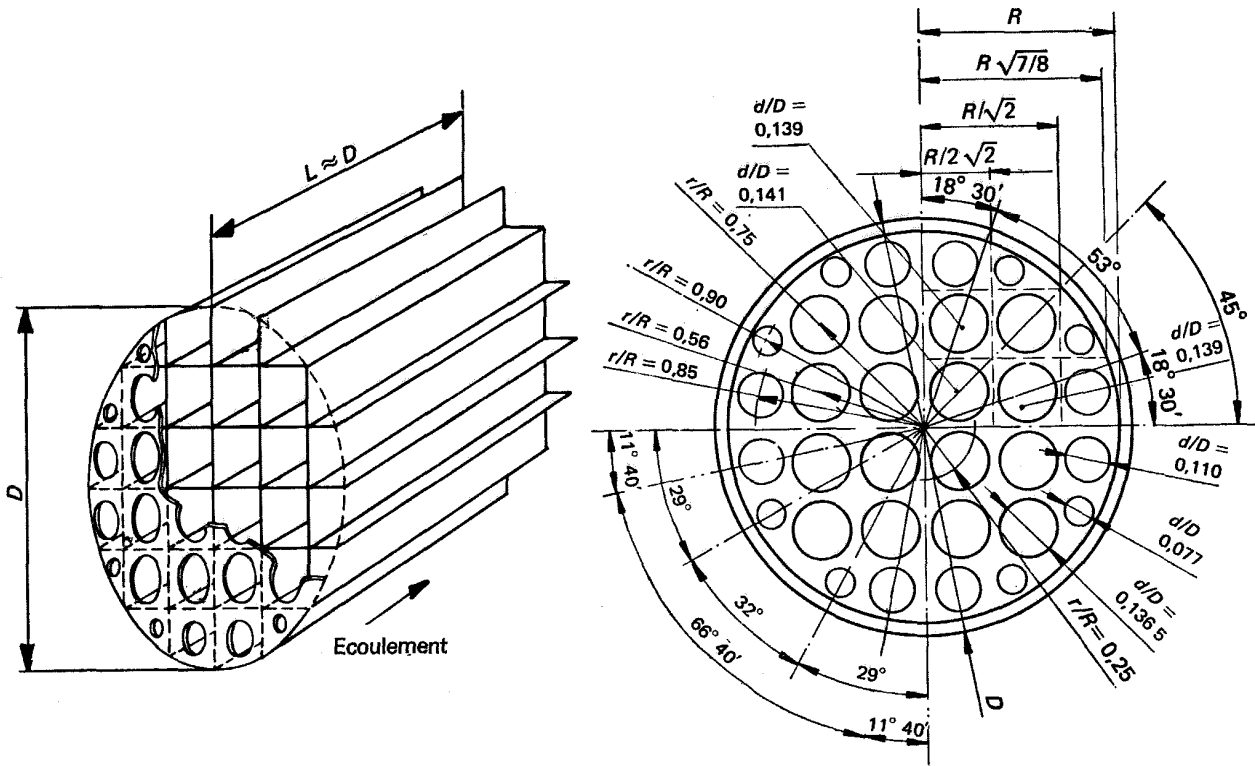


Figure 6  
TRANQUILLISEUR TYPE ZANKER

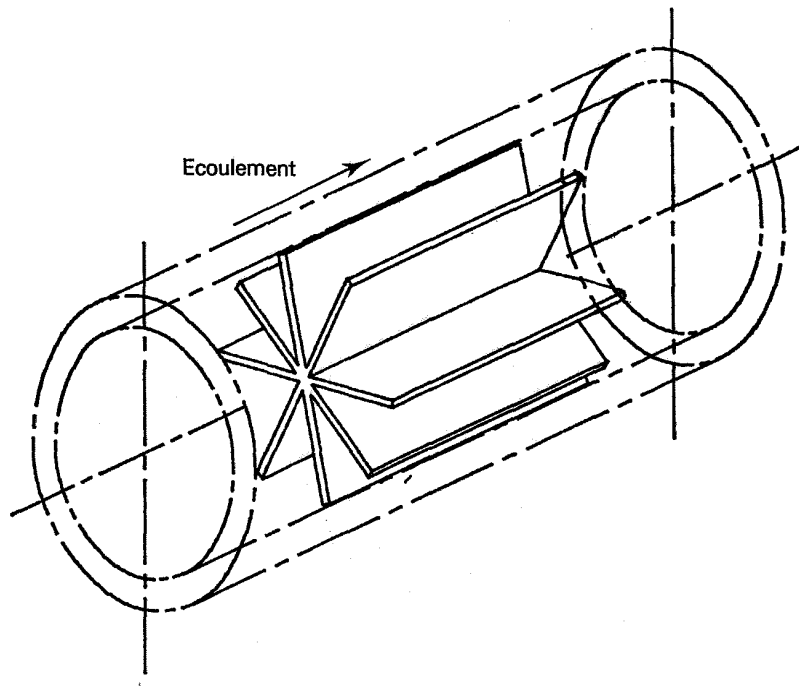
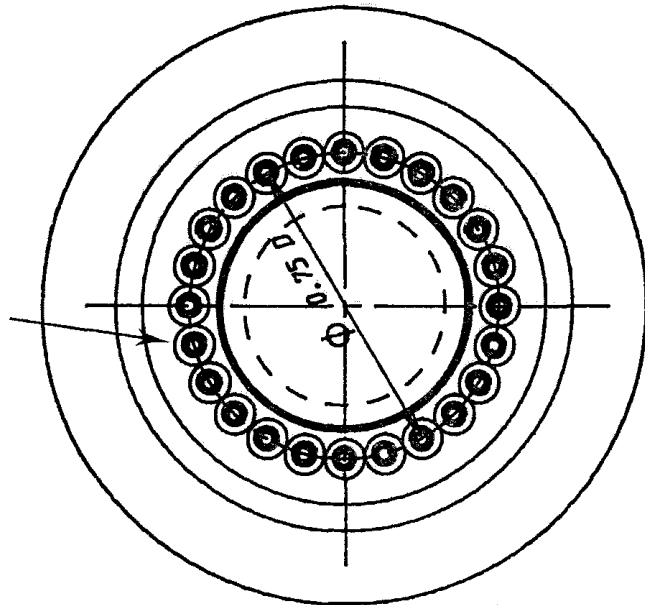


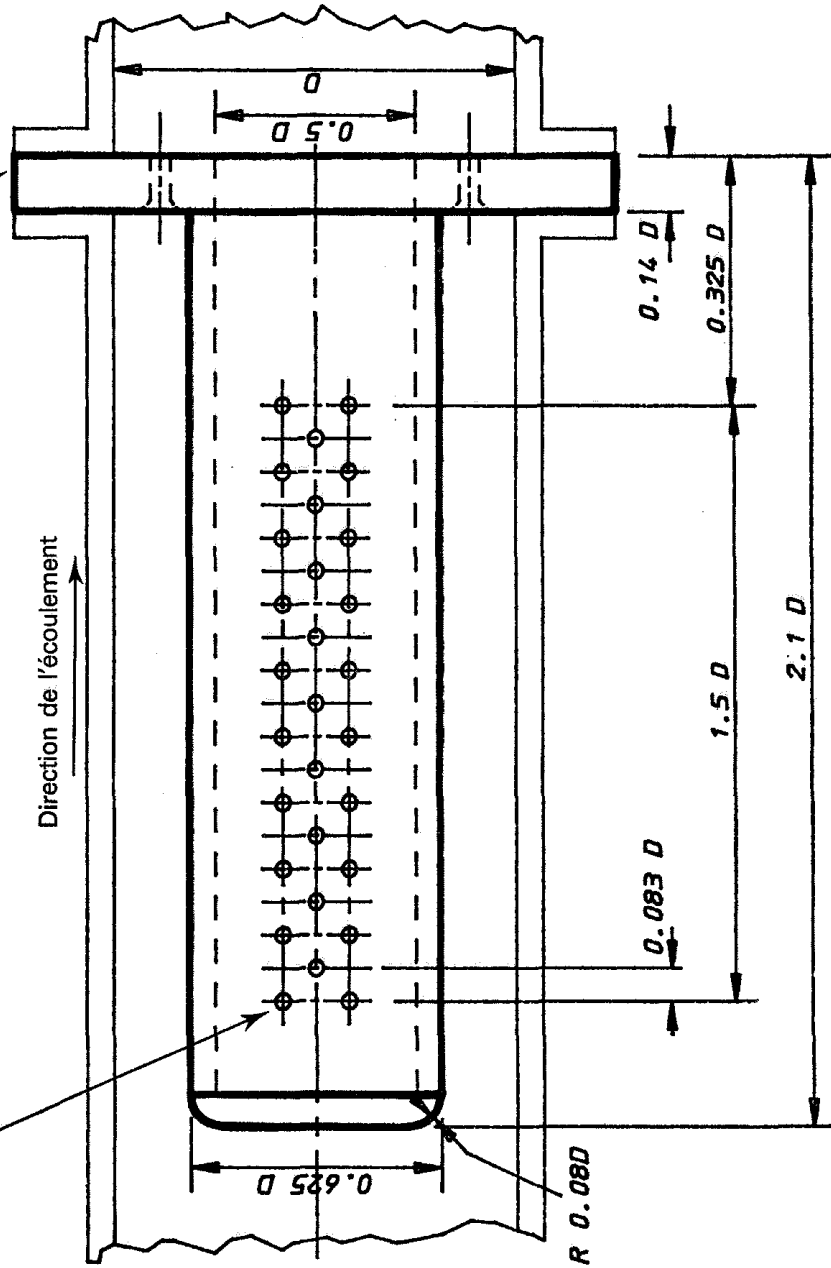
Figure 7  
TRANQUILLISEUR TYPE ETOILE

24 trous  $\phi$  0.05 D  
 également espacés.  
 Evasements à  $82^\circ$   
 pour contact tangentiel



19 anneaux à 20 orifices  $\phi$  0.04 D  
 également espacés radialement et axialement.  
 Les anneaux successifs sont décalés  
 d'un demi-espacement.

Direction de l'écoulement



NOTE : On peut utiliser  
 d'autres méthodes pour  
 monter le tranquilliseur

Figure 8  
 TRANQUILLISEUR TYPE NBS

# Sommaire

<i>Avant-propos</i> .....	2
Terminologie .....	3
1. Objet.....	5
2. Méthodes d'étalonnage des compteurs d'eau et étalons de débitimétrie utilisés .....	5
2.1. Méthodes d'étalonnage .....	5
2.2. Etalons de débitimétrie.....	6
2.3. Hiérarchie et raccordement des étalons utilisés pour l'essai des compteurs d'eau .....	6
2.4. Procédures approuvées pour les comparaisons inter-laboratoires d'étalons utilisés pour l'essai des compteurs d'eau .....	6
Annexe I Choix et transport des compteurs de comparaison	
I.1 Choix des compteurs de comparaison.....	8
I.2 Conception de la section d'essai pour les compteurs de comparaison.....	8
I.3 Assemblage, emballage et transport.....	9
I.3.1 Assemblage .....	9
I.3.2 Emballage.....	10
I.3.3 Transport .....	11
Annexe II Conception des essais, analyse des résultats et présentation des résultats des comparaisons interlaboratoires	
II.1 Conception des essais.....	12
II.1.1 Programme d'essai .....	12
II.1.2 Données d'essai .....	12
II.1.3 Méthodes analytiques et calculs.....	13
II.2 Analyse des résultats .....	14
II.3 Présentation des résultats .....	15
II.4 Exemple d'une conception d'essai interlaboratoire et d'analyse .....	15
II.4.1 Conception d'essai préférée .....	15
II.4.2 Représentation graphique des résultats .....	16
II.4.3 Analyse des résultats .....	17
Annexe III Modèles suggérés de tranquilliseurs	
III.1 Objet.....	19
III.2 Différents types de tranquilliseurs.....	19